

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ ФУНКЦИЮ

А.Д. Наумов

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

## EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON REPRODUCTIVE FUNCTIONS

A.D. Navumau

Educational Institution "Vitebsk Order of the Badge of Honour State Academy of Veterinary Medicine"

### Реферат

Сегодня каждый человек в мире подвергается влиянию электромагнитного излучения (ЭМИ) различных частот. Электромагнитное излучение постоянно воздействует на организм человека. За последнее десятилетие значительно выросли объемы использования мобильных телефонов, а вместе с ними и опасения о последствиях воздействия на здоровье человека электромагнитных полей, образуемых телефонами и базовыми станциями. Электромагнитные волны оказывают влияние на репродуктивную функцию человека, воздействуя на мужскую и женскую репродуктивные системы, развивающийся эмбрион, а затем и плод. В исследовании представлено современное состояние представлений по данной проблеме.

В связи с тем, что сохраняются пробелы в существующих знаниях, рекомендуется руководствоваться принципом предосторожности, предусматривая ограничение уровня воздействия.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение, мобильная связь, биологические эффекты, репродуктивное здоровье.

### Abstract

Electromagnetic radiation has a constant effect on human body. A lot of environmental factors, including heavy metals, air pollution and electromagnetic radiation have impact on fertility. Mobile phone usage has increased over the past years, and so have the concerns about the effect of electromagnetic fields created by phones and base stations on health. Electromagnetic waves have effects on male and female reproductive function, a developing embryo and afterwards on the fetus. This paper looks into a potentially high biological activity of EMR of different frequency and power.

Since this area remains largely unexplored it is recommended to undertake necessary precautions and anticipate limiting the usage of these devices.

**Key words:** electromagnetic radiation, mobile communication, biological effects, reproductive health.

### ВВЕДЕНИЕ

Репродуктивные расстройства затрагивают все большее число браков. Возникновение и развитие беременности, состояние здоровья ребенка зависят от качества генетического материала партнеров. На фертильность влияют многие факторы окружающей среды, включая тяжелые металлы, загрязнение воздуха и электромагнитное излучение (ЭМИ).

За последние годы получено много данных, касающихся проблемы влияния ЭМИ на здоровье человека, как с положительными, так и с отрицательными последствиями. Эти формы энергии могут влиять на функционирование живых организмов, однако знаний об этой проблеме все еще недостаточно.

Для характеристики значения электромагнитного поля (ЭМП), взаимодействующего с телом человека, используют значение поглощенной дозы. Эту величину выражают в Вт/кг и обозначают как SAR (Specific Absorption Rate).

В качестве предельно допустимой для условий профессионального воздействия принято значение SAR, равное 0,4 Вт/кг для тотального воздействия на тело реципиента и 10 Вт/кг для локального воздействия на

его голову и торс. Для условий непрофессионального воздействия 0,08 и 2 Вт/кг соответственно [7, 8, 9].

Рассматривая мобильный телефон (МТ) как источник электромагнитного излучения, следует отметить, его особенности: облучение происходит на максимальном приближении, действие ЭМИ распространяется на окружающих людей, частота и продолжительность электромагнитного воздействия контролируется пользователем.

Мобильные телефоны и базовые станции (БС), являясь источниками высокочастотного и сверхвысокочастотного излучения, непосредственно воздействуя на состояние здоровья, могут приводить и к косвенным эффектам, таким как дорожно-транспортные происшествия и влияние на работу медицинского оборудования.

По обеспеченности сотовыми телефонами Беларусь находится среди высокоразвитых стран мира. Как сообщает БЕЛТА, общая абонентская база в 2018 г. составила 11,4 млн., 121,2 абонента на 100 жителей республики. Охват населения услугами сотовых операторов более 99%.

Во многих странах ведутся исследования воздействия ЭМИ на биологические объекты. В большинстве

случаев данные экспериментов по воздействию высокочастотного излучения на живой организм носят очень общий и разнородный характер. В их число входит как изучение клеточных культур и тканей (*in vitro*), так и лабораторных животных (*in vivo*), а также людей (добровольцев) [1, 2, 3]. С одной стороны, в этих исследованиях основное внимание уделяется функциональным изменениям в головном мозге, которые связывают с отклонениями в когнитивной функции (воздействие излучения на голову). С другой стороны, изучается наличие взаимосвязи между использованием ЭМП и развитием канцерогенеза, воздействием на репродуктивную функцию и развитие, на сердечно-сосудистую систему и весь организм. Результаты этих исследований часто указывают на обратимые биологические и физиологические эффекты, которые необязательно приводят к развитию патологии [3, 4, 5].

Считается, что ЭМИ относится к тем факторам, для определения степени влияния которых необходим длительный период времени [6, 10].

### ЭМИ И МУЖСКАЯ РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА

Мужская репродуктивная система представляет собой группу тканей, очень чувствительных к внешним факторам, и сперматозоидов, которые не обладают способностью восстанавливать свой генетический материал и по этой причине уязвимы к различного рода повреждениям, вызванным внешними факторами. В литературе сообщается, что ЭМИ индуцирует окислительный стресс и вызывает нарушения в митохондриях сперматозоидов [11].

Окислительный стресс также подвергает сперму риску потери подвижности и способности оплодотворять яйцеклетку [1, 2, 11, 20].

Научные публикации, касающиеся влияния сварки на мужскую фертильность, показывают, что у мужчин, выполняющих эту работу, происходит ухудшение показателей спермы и увеличение процента выкидышей у их партнеров-женщин. Сперматозоиды лиц, подвергающихся воздействию ЭМИ, возникающих в результате ведения сварочных работ, имеют пониженную способность проникновения в яйцеклетку. Степень опасности этого воздействия на мужскую репродуктивную систему зависит от типа свариваемых материалов [13].

Воздействие интенсивных электромагнитных полей также касается операторов радиолокационных станций. Большинство радаров работают в диапазоне частот от нескольких сотен мегагерц до 100 ГГц (включая фоторадары для фотосъемки водителей).

Сообщения об их воздействии на мужскую фертильность противоречивы. Имеются данные об увеличении процента патологически измененных сперматозоидов и снижении их подвижности при одновременном отсутствии влияния на ее количество у работников радиолокационных станций. С другой стороны, описывается снижение количества сперматозоидов у лиц, подвергшихся воздействию радиолокационных волн. Ряд исследователей не отмечают каких-либо значимых различий в качестве спермы мужчин, подверженных воз-

действию излучения радаров, и тех, кто не испытывал такого воздействия [26, 28]. Различия в результатах этих исследований могут быть связаны с конструктивными особенностями излучающих установок и, соответственно, с уровнем воздействия на человека.

Распространение телекоммуникационных технологий способствовало тому, что в настоящее время каждый человек подвергается воздействию электромагнитных волн, связанных с сетью мобильной связи [4-8].

Исследования показали связь продолжительности воздействия GSM-излучения с увеличением процента патологических сперматозоидов. Установлено также снижение подвижности сперматозоидов по мере увеличения электромагнитного воздействия мобильных телефонов. В дальнейшем было показано, что [5, 6, 11] ЭМИ мобильных телефонов вызывают генерацию активных форм кислорода (АФК), что может привести к окислительному стрессу и фрагментации ДНК в сперматозоидах [12, 21].

В ряде исследований было доказано, что длительные телефонные разговоры приводят к небольшим изменениям температуры мозга, которые могут влиять на активность гипоталамо-гипофизарно-тестикулярной оси [19]. Одновременно существуют научные сообщения, подтверждающие положительное влияние электромагнитных волн более низкого диапазона частот как на параметры спермы, так и на функционирование тканей, ответственных за репродукцию человека [14].

Результаты исследований, подтверждающие благотворное влияние электромагнитных волн [16], дают основание для возможности их применения в лечении бесплодия у человека.

### ВЛИЯНИЕ ЭМИ НА ЖЕНСКУЮ РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ И БЕРЕМЕННОСТЬ

В случае женской репродуктивной системы электромагнитные волны оказывают воздействие, аналогичное воздействию на мужскую репродуктивную систему. Окислительный стресс, по-видимому, является основным в механизме действия ЭМИ на ооцит, эмбрион и материнский организм, в котором они развиваются.

Учитывая биоэтические ограничения, связанные с получением ооцита, имеющиеся исследования о влиянии ЭМИ на его функции основаны на моделях животных. При воздействии ЭМИ на самок крыс частотой 900 МГц отмечено уменьшение количества овуляторных фолликулов [17].

Показано, что ооциты животных, подвергшихся воздействию ЭМИ, демонстрировали признаки апоптоза [22, 24]. Аналогичные выводы относительно апоптоза в яйцеклетках мыши были сделаны и другими исследователями [25]. Эксперименты, проведенные на аналогичной модели животных, показали, что наиболее уязвимой к повреждениям является зрелая яйцеклетка, на более ранних стадиях развития она повреждается в меньшей степени [15].

В исследованиях, проведенных на крысах, подвергшихся воздействию частоты 900 МГц, было установлено, что этот диапазон волн вызывает возникновение окис-

лительного стресса, приводящего к воспалительному состоянию эндометрия [18]. Показано, что у облученных крыс наблюдается снижение содержания эндометриальной супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы.

В работе Wdowiak A. приводятся сведения, что в женском организме активность СОД и каталазы влияет на качество эмбрионов и динамику их развития [28]. Это позволяет предположить, что аналогичное воздействие на организм человека таких диапазонов волн может сопровождаться нарушениями репродуктивной функции на этапах от зачатия до стадии бластоцитов, а также в процессе имплантации.

При анализе имеющихся отчетов о влиянии частот, связанных с сетью мобильной связи и Wi-Fi, выполненном Naziroglu M. et al., выявлен повышенный риск возникновения выкидышей при отсутствии других последствий для плода у беременных женщин, подвергшихся воздействию этих частот [23].

Имеющиеся исследования по использованию мобильных телефонов во время беременности показали, что состояние новорожденного, которое оценивалось непосредственно после родов по шкале Апгар, было хуже у женщин, в большей степени подвергшихся воздействию волн GSM диапазона [28].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время опасное, нейтральное или благоприятное воздействие электромагнитных волн на репродуктивные возможности человека обобщить невозможно. Можно ожидать, что существуют дозы энергии, которые оказывают нейтральный или положительный эффект, и только превышение их может вызвать опасные эффекты. Существующие научные доклады не содержат достаточного количества данных, для того чтобы сделать окончательные выводы относительно количества и формы энергии, передающейся в виде электромагнитной волны, которая создает риск для человека. Поэтому важно предпринять исследования, в которых бы контролировались значения интенсивности ЭМП, и выполнить численные анализы абсорбции энергии.

Результаты исследований на животных не могут быть непосредственно перенесены на человека, поскольку репродуктивные системы животных и человека имеют принципиальные различия. В то же время имеющиеся данные дают возможность предполагать, что вероятность возникновения различных видов риска для здоровья повышается с увеличением частоты электромагнитных излучений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Верещако Г.Г. Реакция крови крыс-самцов 1-го поколения, полученных от облученных родителей и подвергнутых воздействию ЭМИ (900 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития//Г.Г. Верещако, А.Д. Наумов, Г.А. Горох, В.С. Стельмах, Д.В. Сухарева//Весті НАН Беларусі. Сер. біял. навук. - 2013. - №4. - С. 89-92.
2. Верещако Г.Г. Состояние крыс-самцов первого поколения, полученных от облученных родителей и подвергнутых воздействию ЭМИ (897 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития//Г.Г. Верещако, Н.В. Чуешова, Г.А. Горох, А.Д. Наумов//Радиационная биология. Радиоэкология. -2014. -Т. 54, №2. - С. 186-192.
3. Верещако Г.Г. Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомство.-РУП «Издательский дом «Беларуская наука», 2015.- 216 с.
4. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности/Ю.Г. Григорьев, О.А. Григорьев.- М.: Экономика, 2012.- 400 с.
5. Григорьев Ю.Г. Радиобиология мобильной связи: современные аспекты фундаментальных и прикладных исследований/Ю.Г. Григорьев, А.П. Бирюков//Медико-биологические проблемы жизнедеятельности.- 2014. Т.11. №1. С. 6-16.
6. Колешко В.М. Мобильные телефоны, смартфоны и старение организма/В.М. Колешко, Е.А. Воробьев, Н.А. Хмурович.- Мн.: БНТУ, 2011.- 315 с.
7. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения: учеб. для вузов/Ю.Б. Кудряшов, Ю.Ф. Перов, А.Б. Рубин.- М.: Физматлит, 2008.-184 с.
8. МордACHEВ В.И. Системная экология сотовой радиосвязи.- Мн.: Издательский центр БГУ, 2009.- 319 с.
9. Руководства МКЗНИ по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей (до 300 ГГц) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.who.int/peh-emf/publications/ICNIRP\\_Guidelines\\_rus\\_final.pdf](http://www.who.int/peh-emf/publications/ICNIRP_Guidelines_rus_final.pdf).
10. Шибкова Д.З. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем/Д.З. Шибкова, А.В. Овчинникова//Успехи современного естествознания. Физико-химическая биология.-№5, 2015.- С. 156-159.
11. Agarwal A., Desai N.R., Makker K., et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. Fertil Steril. 2009; 92(4): 1318–25.
12. Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. Int J Androl. 2005; 28(3): 171–9.
13. Bonde JP. The risk of male subfecundity attributable to welding of metals. Studies of semen quality, infertility, fertility, adverse pregnancy outcome and childhood malignancy. Int J Androl. 1993; 16 Suppl 1: 1–29.
14. Falahati S.A., Anvari M., Khalili M.A. Effect of combined magnetic fields on human sperm parameters. Iran. J. Radiat. Res. 2011; 9 (3): 195–200.
15. Fedorov A.I., Weisman N.I., Nemova E.F., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A. Terahertz radiation influence on number and development dynamics of offspring F1 of fruit fly females under stress. Biofizika. 2013; 58(6): 1043–50.
16. Formicki K., Szulc J., Tański A., Korzelecka-Orkisz A., Witkowski A., Kwiatkowski P. The effect of static magnetic field on Danube huchen, Hucho hucho (L.) sperm motility parameters. Arch Pol Fish. 2013; 21: 189–197.
17. Gul A., Celebi H., Uğraş S. The effects of microwave emitted by cellular phones on ovarian follicles in rats. Arch Gynecol Obstet. 2009; 280(5): 729–33.

- 
18. Guney M., Ozguner F., Oral B., Karahan N., Mungan T. 900 MHz radiofrequency-induced histopathologic changes and oxidative stress in rat endometrium: protection by vitamins E and C. *Toxicol Ind Health*. 2007; 23(7): 411–20.
  19. Izmet'eva O.S., Parshkov E.M., Zhavoronkov L.P., Izmet'ev V.I., Litovkina L.V., Voron'ko I.V. Effects of electromagnetic field of thermal intensity on the hypophysis-thyroid unit of the neuroendocrine system. *Radiats Biol Radioecol*. 2003; 43 (5): 597–600.
  20. Makker K., Varghese A., Desai N.R., Mouradi R., Agarwal A. Cell phones: modern man's nemesis? *Reprod Biomed Online*. 2009; 18 (1): 148–157.
  21. Liu C., Duan W., Xu S., Chen C., He M., Zhang L., Yu Z., Zhou Z. Exposure to 1800 MHz radiofrequency electromagnetic radiation induces oxidative DNA base damage in a mouse spermatocyte-derived cell line. *Toxicol Lett*. 2013; 218(1): 2–9.
  22. Mailhes J.B., Young D., Marino A.A., London S.N. Electromagnetic fields enhance chemically-induced hyperploidy in mammalian oocytes. *Mutagenesis*. 1997; 12(5): 347–51.
  23. Nazıroğlu M., Yüksel M., Köse S.A., Özkaya M.O. Recent reports of Wi-Fi and mobile phone-induced radiation on oxidative stress and reproductive signaling pathways in females and males. *J Membr Biol*. 2013; 246(12): 869–75.
  24. Panagopoulos D.J., Chavdoula E.D., Nezis I.P., Margaritis L.H. Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation. *Mutat Res*. 2007; 626(1–2): 69–78.
  25. Sagioglou N.E., Manta A.K., Giannarakis I.K., Skouroliahou A.S., Margaritis L.H. Apoptotic cell death during *Drosophila* oogenesis is differentially increased by electromagnetic radiation depending on modulation, intensity and duration of exposure. *Electromagn Biol Med*. 2015: 1–14.
  26. Weyandt T.B., Schrader S.M., Turner T.W., Simon S.D. Semen analysis of military personnel associated with military duty assignments. *Reprod Toxicol*. 1996; 10 (6): 521.
  27. Wdowiak A., Wdowiak L., Wiktor H. Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2007, Vol 14, №1, 169–72.
  28. Wdowiak A., Paweł A., Mazurek, Wdowiak A., Bojar I. Effect of electromagnetic waves on human reproduction. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2017, Vol 24, No 1, 13–18.